

Text

Seite 1 von 1

AN: PAT 1987-057186
TI: Cellular radio network with mobile stations each independently controlling data necessary for routing and connection
PN: DE3337648-A
PD: 26.02.1987
AB: In a cellular radio type network where mobiles can act as relays between other mobiles, the organisation of all communication and controlling functions in the mobiles is fully decentralised. Each mobile controls all necessary data concerning network condition, connection state of the mobile stations and the possible routing to all remaining mobiles, the addressing of the subscriber, the availability of and traffic over individual links. By interrogating its own subscriber or a neighbouring station, the mobile switches a connection to the next by judging the connection of a neighbouring station according to the principle of channel negotiation.; No central control necessary.
PA: (LION) LICENTIA PATENT-VERW GMBH;
(TELE) TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK GMBH;
IN: KORNER W; WALKE B; KOERNER W;
FA: DE3337648-A 26.02.1987; DE3337648-C 12.11.1992;
CO: DE;
IC: H04B-007/15; H04B-007/212; H04B-007/26; H04J-003/00;
H04J-013/00; H04Q-007/02;
MC: W01-B05; W02-C03B; W02-C03C1;
DC: W01; W02;
PR: DE3337648 17.10.1983;
FF: 26.02.1987
UF: 12.11.1992

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3337 648 A 1

21 Aktenzeichen: P 33 37 648.4
22 Anmeldetag: 17. 10. 83
43 Offenlegungstag: 26. 2. 87

51 Int. Cl. 4:
H04 Q 7/02

H 04 J 3/00
H 04 J 13/00
H 04 B 7/15
H 04 B 7/26

DE 3337 648 A 1

71 Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,
DE

72 Erfinder:

Körner, Wolfgang, Dipl.-Ing., 7930 Ehingen, DE;
Walke, Bernhard, Dr.-Ing., 7906 Blaustein, DE

Bibl. heck
Bur. Ind. Eigendom
8 APR. 1987

54 Funknetz mit einer Vielzahl von mobilen Stationen

Funknetz, bevorzugt im mm-Wellen-Frequenzbereich, mit Mobilstationen, welche je gleichzeitig einen oder mehrere eigene Endteilnehmer nach dem synchronen Zeitmultiplex-Verfahren codespreizt über digital übertragende, verbindungsorientiert geschaltete transparente Funkkanäle mit Endteilnehmern anderer Mobilstationen verbinden können, wobei jede Station als Vermittlung (Relais) zwischen paarweise kommunizierenden Mobilstationen fungieren kann. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Organisation aller Kommunikations- und Verwaltungsfunktionen durch die Mobilstationen völlig dezentral vorgenommen wird, wobei jede Mobilstation selbständig alle erforderlichen Daten über den Netzzustand, die Konnektivität der Mobilstationen und die möglichen Routen zu allen übrigen Mobilstationen, die Adressen der Teilnehmer, die Verfügbarkeit und Betriebszustände der einzelnen Verbindungen, usw. verwaltet, bei Bedarf aktiv ermittelt und auf Anfrage an andere Mobilstationen weitergibt, sowie bei Bedarf eines eigenen Endteilnehmers oder einer Nachbarstation eine Verbindung zur nächsten in Zielrichtung der Verbindung liegenden Nachbarstation nach dem kanalvermittelten Prinzip schaltet.

DE 3337 648 A 1

Patentsprüche

1. Funknetz, bevorzugt im mm-Wellen Frequenzbereich, mit Mobilstationen, welche je gleichzeitig einen oder mehrere eigene Endteilnehmer nach dem synchronen Zeitmultiplex-Verfahren über digital und code-
gespreizt übertragende, verbindungsorientiert geschaltete transparente Funkkanäle mit Endteilnehmern
anderer Mobilstationen verbinden können, wobei jede Station als Vermittlung (Relais) zwischen paarweise
kommunizierenden Mobilstationen fungieren kann und in ihrer gleichzeitig erfüllbaren Funktion als Mobil-
station und Relais die Kommunikation mehrerer eigener Endgeräte mit Endgeräten anderer Mobilstationen
und die Vermittlung einer großen Zahl von Zeitmultiplex-Kanälen benachbarter Mobilstationen wahrneh-
men kann, dadurch gekennzeichnet, daß die Organisation aller Kommunikations- und Verwaltungsfunktionen
durch die Mobilstationen völlig dezentral vorgenommen wird, wobei jede Mobilstation selbständig alle
erforderlichen Daten über den Netzzustand, die Konnektivität der Mobilstationen und die möglichen
Routen zu allen übrigen Mobilstationen, die Adressen der Teilnehmer, die Verfügbarkeit und Betriebszu-
stände der einzelnen Verbindungen, usw. verwaltet, bei Bedarf aktiv ermittelt und auf Anfrage an andere
Mobilstationen weitergibt, sowie bei Bedarf eines eigenen Endteilnehmers oder einer Nachbarstation eine
Verbindung zur nächsten in Zielrichtung der Verbindung liegenden Nachbarstation nach dem kanalvermit-
telten Prinzip schaltet.
2. Funknetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede neu aufzunehmende Mobilstation selbstän-
dige Kontakt zu Mobilstationen des Netzes aufnimmt und die dort erfragte Information zur gezielten
Kontaktaufnahme mit allen übrigen Mobilstationen des Netzes nutzt, um sich selbst als Mobilstation des
Netzes zu etablieren, wobei bereits kontaktierte Mobilstationen gegebenenfalls als Relais genutzt werden.
3. Funknetz nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede das Netz verlassende Mobilstation
selbständig nacheinander Kontakt zu allen Mobilstationen des Netzes aufnimmt und dabei die eigenen
Kenntnisse über den Netzzusammenhang nutzt, um beginnend bei den entferntest liegenden Mobilstation-
en die Löschung der sie selbst betreffenden dort lokal vorhandenen Daten zu veranlassen.
4. Funknetz nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein getrenntes, über Relais
geführtes, fest geschaltetes Leitungnetz für Zwecke der Kanalverwaltung betrieben wird, über welches
spontan, von jeder einen Kanal belegenden Mobilstation alle oder nur die benachbarten Mobilstationen
informiert werden.
5. Funknetz nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Mobilstation minde-
stens zwei alternative Routen zu jeder Mobilstation im Netz durch aktive Anfrage bei Nachbarstationen
beschafft und durch Optimierung der Wegelängen im Netz die günstigsten Routen selbständig auswählt.
6. Funknetz nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Übertra-
gung initierende Mobilstation beim einer Kommunikation vorausgehenden Verbindungsaufbau jeweils die
Route durch das Netz durch Angabe aller Relais bis zur Zielstation im Verbindungsaufbau-Paket festlegt.
7. Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede während des Verbind-
ungsaufbaus für eine Kommunikationsbeziehung berührte Mobilstation selbständig, mit Hilfe ihrer eigen-
en Routing-Tabelle den weiteren Weg der Verbindung bis zur nächsten Mobilstation im Netz festlegt,
dabei die von der Quellstation im Verbindungsaufbau-Paket angegebene Zieladresse auswertet und zyklen-
freie Routen garantiert.
8. Funknetz nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Mobilstation
bei Feststellung des Ausfalls einer bisher verfügbaren Route, z. B. beim Abgang einer Mobilstation, alle
übrigen Mobilstationen des Netzes informiert.
9. Funknetz nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bündelnde Sende-
und Empfangs-Antennen zur Nachrichtenübertragung zwischen Mobilstationen zusammen mit einer statio-
nären lokalen Steuerung verwendet werden.
10. Funknetz nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während eines
Sende-/Empfangs-Zeitschlitzes Z1 eines synchronen Zeitmultiplexsystems die Antennenkeule der Sende-
-/Empfangsantenne mechanisch durch Umschalter oder elektronisch in die Richtung der dann empfangen-
den/sendenden Mobilstation S1 gesteuert wird, jedoch in jedem anderen beliebigen Zeitschlitz Z2 die
Antennenkeulen in beliebige andere dann sendende/empfangende Richtungen strahlen bzw. von dort
empfangen.
11. Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bündelnde Sendantennen
und omnidirektionale Empfangsantennen verwendet werden.
12. Funknetz nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Kanäle (Zeits-
schlitz) mehrfach im Netz genutzt werden, wenn dies aufgrund der räumlichen Lage kommunizierender
Mobilstationen und insbesondere durch die jeweilige Ausrichtung ihrer Antennenkeulen möglich ist.
13. Funknetz nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mobilstation-
en dahingehend programmierbar sind, einzelne S-/E-Sektoren nicht zu berücksichtigen, und daß die
jeweils berücksichtigten Sektoren auf einer Anzeige angezeigt werden.
14. Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch rundstrahlende Sendantennen und
rundstrahlende Empfangsantennen.
15. Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der S-/E-Sektoren
in den Mobilstationen programmierbar ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Funknetz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In manchen Anwendungen treten Anordnungen von mobilen Funkstationen auf, die folgende Merkmale haben:

- Betrieb im freien Gelände oder Wald, auf dem Wasser oder in der Nähe von Häusern (evtl. unter Einbeziehung von Gebäuden),
- Anordnungen von vielen (z. B. 50—100) Funkteilnehmern mit je eigener Mobilstation,
- Gesamtausdehnung des durch die Teilnehmer gespannten Netzes von typisch 500 m bis 20 km, evtl. auch mehr,

- keinerlei für die Organisation und Kommunikation des Netzes verantwortliche zentralisierte Funktionen.

Fig. 1 zeigt ein beispielhaftes Funknetz mit Mobilstationen A, B und C mit unterschiedlicher Zahl von Telefonteilnehmern und Datenteilnehmern je Station und einer über Station B (als Relais) geführten Verbindung zwischen Telefon 1 der Station A und Telefon N der Station C.

An solche Funknetze werden bzgl. der Kommunikationsmöglichkeiten Forderungen gestellt, z. B.

- Verfügbarkeit aller mit Kabeln realisierbaren Kommunikations-Dienste, z. B. Fernsprechen/-schreiben/-kopieren und Datenübertragung mit Leistungsmerkmalen, die denen mit Kabeln entsprechen,
- Automatisierung der Aufgabenbereiche: Kontaktaufnahme, Einbindung in das Netz, Verwaltung/Rekonfiguration usw. — digitale Nachrichtenübertragung,
- alternative Übertragungsraten pro Kanal, z. B. 16, 32 oder 64 kbit/s,
- sehr große mögliche Summendatenrate (Verkehrskapazität) des Kanalbündels des gesamten Funknetzes von z. B. 512, 1,024, 2,048 oder 4,096 Mbit/s,

- Anwendung einer Funk-Übertragungstechnik, die nur zu einer geringen Emission von Signalenergie führt.

Unter den bekannten Systemen kommt das in IEEE Trans. Comm. Vol. COM-28, No. 9, Sept. 1980, Seiten 1616—1624 beschriebene dem erfindungsgemäßen Funknetz am nächsten. Dieses als Konzept beschriebene System hat folgende relevante Merkmale:

- bündelnde Sende- und Empfangsantennen mit 6/10 Grad Öffnung bzgl. Azimut/Elevation.

- Übertragung nach dem synchronen Zeitmultiplex-Verfahren, jeder von 6 bzgl. einer Station möglichen Kanälen wird von ihr (nach einer einmaligen Verbindungsaufbauprozedur) fest für eine Verbindung zu einer von maximal 6 möglichen Nachbarstationen vergeben. Zwischen diesen 6 Kanälen kann jede Station vermitteln und darüber auch eigene Daten übertragen. Zwischen zwei Stationen können bei Bedarf auch zwei oder mehr Kanäle fest geschaltet werden.

- Auf den Kanälen werden nach dem asynchronen Zeitmultiplex-Verfahren Daten zwischen datenorientierten rechnerbestückten Endgeräten und in geringem Umfang paketierte Sprache übertragen.

- Stationen bemühen sich aktiv um eine hohe Vermaschung untereinander und streben an, für jede Übertragung über alternative Routen zu verfügen.

- Die Neuaufnahme einer Station in das Netz wird durch eine dezentrale Organisation gelöst, wobei die neue Station nacheinander Signale aller möglichen Codes in eine erste Richtung abstrahlt und auf Antwort einer dem Netz angehörenden Station wartet. Kommt keine Antwort, dann wird die Antennenkeule um ein Segment geschwenkt und der Versuch wiederholt usw.

- Jede dem Netz bereits angehörende Station verwendet einen Teil ihrer Zeit, während der sie nicht übertragen muß, empfangsbereit für Signale neuer Stationen, während der restliche Zeiteanteil für eigene Versuche verwendet wird, weitere Kontakte zu möglichen Netzstationen zu bekommen. Je mehr Verbindungen (max. 6) eine Station bereits zum Netz hat, umso weniger Zeit verwendet sie für weitere Kontaktsuche zum Netz, sondern bleibt zunehmend nur noch für Neuanmeldungen offen.

- Stationen verwalten und optimieren ihre Routing-Tabellen mit dem Ziel, kürzeste Verbindungen zu allen Netzstationen und weitere alternative Routen verfügbar zu haben. Dies geschieht durch Austausch von Information über die jeweils kürzesten Wege zwischen benachbarten Stationen. Bei Änderung der Netztopologie werden die Stationen deren kürzeste Routen betroffen sind, benachrichtigt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Funksystem der eingangs genannten Art anzugeben, das von o. g. Forderungen insbesondere die Forderung der Automatisierung aller Organisationsfunktionen durch völlig dezentrale Verfahren erfüllt.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 gekennzeichnet. Die weiteren Ansprüche beinhalten vorteilhafte Ausführungen bzw. Weiterbildungen der Erfindung. Die Erfindung wird im folgenden näher erläutert.

Im Unterschied zu dem in IEEE Trans. Comm. Vol. COM-28, No. 9, Sept. 1980, Seiten 1616—1624 beschriebenen System hat das erfindungsgemäße Funknetz folgende Merkmale:

- * Einsatz von mobilen Funkgeräten für die digitale Nachrichtenübertragung unter Nutzung von mm-Wellen.
- * Ausstattung jeder Funkstation mit Rechner-Intelligenz, so daß alle für die An/Abmeldung der Station beim/ vom Netz und für die Signalisierung und Kommunikation nötigen Funktionen völlig dezentral abgewickelt werden können.

* Ausstattung der Stationen mit Relais- und Vermittlungsfunktionen, so daß nach Bedarf synchrone transparente Verbindungen nach dem Kanalvermittlungsverfahren zwischen benachbarten Stationen und zwischen Endteilnehmern beliebiger Stationen auf-gebaut werden können. Dies erlaubt auch die Überbrückung von Entfernungen, die deutlich größer als die Reichweite einer Station sind, vgl. Fig. 2.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel für ein Funknetz mit 6 Stationen S1 bis S6, welche untereinander (z. B. wegen Hindernissen/Entfernungen) nicht voll vermascht, sondern nur über die Kanäle $L_i (i=1 \text{ bis } 7)$ verbindbar sind.

* Automatischer Betrieb jeder Mobilstation, ohne Notwendigkeit der Bedienung durch einen Menschen. Anzeigevon Betriebszuständen.

* Nur geringer durch Codespreizung verdeckter Organisationsverkehr. Empfangsbetrieb der Stationen, wenn kein Sendewunsch vorliegt.

* Vermittlungskapazität jeder Station entsprechend der Summendatenrate eines Rahmens, z. B.

512/1024/2048 kbit/s mit Datenübertragungsraten je Kanal von typisch 16/32/64 kbit/s, d. h. sehr viele Kanäle können pro Station vermittelt werden.

* Verwendung von rundstrahlenden Empfangs-(E-)Antennen und gerichteten Send-(S-)Antennen. Evtl. auch gerichtete E-Antennen. Dies erlaubt u. a. die Mehrfachnutzung der Zeitschlitz.

1 * Einsatz dezentral organisierter Kommunikationsprotokolle für die Verbindungssteuerung und das Netz-Management, z. B. die automatische

— Anmeldung/Abmeldung beim Netz von ankommenden/abgehenden Stationen,

10 — Festlegung von Routen zwischen nicht direkt (Punkt-zu-Punkt) verbindbaren Stationen über Relais mit Optimierung der Streckenwahl unter Berücksichtigung von Optimierungszielen.

— Reaktion auf Störungen des Funkfeldes und Fehler von Stationen.

* Jede Mobilstation wickelt im Zeitmultiplexbetrieb deutlich mehr als 6 Kommunikationsbeziehungen ab.

* Anschluß über Schnittstellenumsetzer an Kabelnetze.

15 * Schichtung der Kommunikations- und Organisations-Protokolle gemäß dem ISO-Architekturmodell, vgl. Computer Networks 5 (1981), Seiten 77—80.

Einzelprobleme und deren Lösung

Routing

30 Eine Kommunikation zwischen zwei nicht direkt, sondern nur über Relais verbindbaren Stationen erfordert die Festlegung einer (günstigen) Route. Sie wird in einer Tabelle festgehalten. Sie sollte für jedes Stationspaar jeweils mindestens zwei alternative Routen enthalten, die kürzere als ersten Eintrag, vgl. Tabelle 1. Die Tabelle zeigt vereinfacht den Aufbau der Routingtabelle von Station 1 im Netz gemäß Fig. 2.

25 Tabelle 1

von	S 1 : S 2 S 3 S 4 S 5 S 6					
	nach	über				
	S 2 :	—	—	—	—	—
30	S 2 :	—	—	1	—	—
	S 3 :	1	—	—	—	—
	S 3 :	—	—	1	2	—
35	S 4 :	—	—	—	—	—
	S 4 :	1	—	—	—	—
	S 5 :	—	—	1	—	—
	S 5 :	1	2	—	—	—
40	S 6 :	—	—	1	2	—
	S 6 :	1	2	—	3	—

45 In der Phase der Anmeldung einer neuen Station leiten alle Stationen aus dem Anmeldetelegramm die Route zu der neuen Station ab und speichern sie in ihrer Routing-Tabelle. Damit ist der Weg für künftige Verbindungen festgelegt.

Beim Verbindungsaufbau für eine Übertragung wird jeweils die Route zwischen Nachrichtenquelle und -senke festgelegt. Jede Mobilstation besitzt Informationen über mindestens zwei alternative Routen zu jeder Mobilstation im Netz, die sie durch Optimierung der Wegelängen im Netz selbständig ausgewählt, bei ihrer Aufnahme in das Netz ermittelt und später durch periodisch wiederholte Umfragen auf ihre Gültigkeit geprüft hat. Vorteilhafteste Routen bestehen aus besonders wenigen aneinandergereihten Teilstrecken zwischen Stationen. Jede Station ist dafür ausgerüstet, optimale Routen berechnen zu können.

Bei Feststellung des Ausfalls einer bisher verfügbaren Route (z. B. bei Abgang einer Station oder länger dauernden Störung einer Teilstrecke) informiert die diesen Zustand bemerkende Station alle übrigen Stationen und ermittelt durch Umfrage, bevorzugt bei ihren Nachbarstationen, neue Routen.

35 Zwei unterschiedliche Verfahren für die Festlegung der Route beim Verbindungsaufbau sind vorgesehen:

— Selbständiges Routen durch die einzelnen Stationen: Dabei gibt die Quellstation, unter Nutzung der in der eigenen Routing-Tabelle vermerkten Daten, im Verbindungsaufbau-Paket die Zieladresse an und schickt das Paket an die nächste auf der Route liegende Nachbarstation. Diese verwendet ihre eigene Routingtabelle, um das Paket an die nächste in Zielrichtung liegende Station weiterzuleiten usw. bis schließlich das Ziel erreicht ist und die Route festliegt. Alle Stationen sind ausgerüstet, um mit Hilfe von bei anderen Mobilstationen erfragten Daten optimale Pfade im Netz zu berechnen und dabei zu garantieren, daß keine zyklischen Routen entstehen können.

— Routen durch die Quellstation:

40 Die eine Übertragung initiiierende Station legt beim Verbindungsaufbau durch Angabe aller Relaisstationen bis zur Zielstation im Verbindungsaufbau-Paket die Route eindeutig fest.

Die als Voraussetzung dafür nötige Information beschaffen sich die einzelnen Stationen durch periodische Umfrage bei allen ihnen bekannten Stationen.

Auf- und Abbau von Verbindungen

Die Kommunikation zwischen zwei Stationen durchläuft drei Phasen: 1) Verbindungsaufbau, 2) Kommunikation und 3) Verbindungsabbau. Die Nachrichtenübertragung während der Phasen 1) und 3) heißt Signalisierung. Im Funknetz wird Phase 1) entsprechend üblichen Signalisierungsverfahren mit Datagrammen abgewickelt. Für die Phasen 2) und 3) wird die Existenz einer Kanalverbindung vorausgesetzt, über die nach Ablauf von Phase 2) der Verbindungsabbau angestoßen wird.

Aufnahme einer neu hinzukommenden Mobilstation in das Netz

Es wird angenommen, daß eine sich um Aufnahme in das Funknetz bewerbende Station über die im Netz gültigen Konventionen wie Frequenzen, Codes, Paßworte, Schlüsselverfahren usw. informiert ist. Sie ist dann im Zustand "Bewerbung", vgl. Fig. 3, wobei die Teilzustände sendend und empfangsbereit möglich sind.

Adressierung

Generell enthalten Datenblöcke (auch Pakete oder Telegramme genannt) die von zum Netz gehörenden Stationen abgesandt werden, neben der Absender- die Ziel-Adresse, wenn in der eigenen Routing-Tabelle ein direkter möglicher Weg zur Zielstation eingetragen ist. Sonst wird die aus der eigenen Routing-Tabelle ermittelte nächste Station in Richtung zur Ziel-Station als Adresse des Telegramms gewählt. Die Adresse der Zielstation wird, ebenso wie die Adresse der Quellstation und aller auf dem Weg berührter Zwischenstationen im Telegrammkopf übertragen. Anmeldetelegramme tragen eine Rundspruch-(Broadcast-)Adresse.

Kommunikationsprotokolle für die An/Abmeldung

Die An- bzw. Abmeldung wird über einen oder mehrere für Organisationsverkehr reservierte Kanäle abgewickelt. Da es sich hier um burstartigen Dialogverkehr handelt, werden die Kommunikationsbeziehungen verschiedener Stationen vorzugsweise nach dem asynchronen Zeitmultiplex-Verfahren übertragen. Alle Organisationsverkehre werden, soweit nicht anders festgelegt, entsprechend CCITT-Empfehlung X.25 unter Nutzung von virtuellen Verbindungen, evtl. auch von Datagrammen, abgewickelt.

a) Aufnahme einer Station S₂ in ein Netz mit einer vorhandenen Station S₁

Systemweit ist mindestens ein Kanal exklusiv für die Anmeldung reserviert. Bei bündelnden S-Antennen wird das Anmeldetelegramm nacheinander in die einzelnen Richtungen abgestrahlt. Gleichzeitig mit der Anmeldung zum Netz wird auch die Richtung des/der antwortenden Mobilstation(en) ermittelt.

Die neu hinzukommende Station S₂ begibt sich in den Zustand "Bewerbung, empfangsbereit" und horcht, ob gerade eine andere Mobilstation sich um Aufnahme in das Netz bemüht, also selbst sendet. Empfängt sie eine derartige Sendung, so antwortet sie und teilt mit, daß sie selbst auch Neuling ist. Gegebenenfalls können beide neuen Stationen ein Netz bilden, wenn kein Kontakt zu weiteren Stationen eines schon etablierten Netzes gelingt. Stellt die neue Station S₂ keine Sendungen anderer Stationen fest, so sendet sie ein an alle Stationen adressiertes Telegramm

"Richtungsselektive Forderung Zutritt",

auf das nur die Stationen antworten können, welche in das Sendesegment der neuen Station fallen.

Die sich bewerbende Station beginnt in Richtung 0 Grad mit der Aussendung des Anmeldetelegramms, welches die eigene Adresse und weitere Merkmale zur Beschreibung der eigenen Station enthält, vgl. Fig. 3. Das Telegramm wird so lange wiederholt, bis die Station von einer im entsprechenden Segment vorhandenen Station sicher empfangen werden könnte. Antwortet keine Station, so schwenkt die sich bewerbende Station ihre Antennenkeule um einen der Keulenbreite entsprechenden festen Winkel und wiederholt den Prozess.

Dem Netz bereits angehörende Stationen verwenden ihre nicht für Übertragung belegten Zeitschlitz, um systematisch in allen möglichen Segmenten auf Empfang für Neuanmeldungen zu gehen.

Antwortet eine dem Netz angehörende Station, so kann die neue Station die Richtung bzgl. 0 Grad entsprechend ihrer augenblicklichen Antennenstellung dieser Nachbarstation fest zuordnen. Mit Hilfe einer Empfangspegel-Meßeinrichtung bestimmt die neue Station in Zusammenarbeit mit der Nachbarstation die optimale Senderichtung.

Erfolgt während eines vollen Umlaufs der Antennenkeule der sich anmeldenden Station keine Antwort, dann wird auf Empfang umgeschaltet und versucht, eine sendende Station zu ermitteln. Nach einer begrenzt großen Empfangspause folgt, falls keine Sendung empfangen wurde, ein zweiter Umlauf, bei dem das Anmeldetelegramm Sektor für Sektor wiederholt wird. Dieser Wechsel zwischen Senden und Empfangen setzt sich ständig fort, wobei die Station an einer Anzeige ihren Zustand und die Zahl ihrer Kontaktversuche angibt. Die Empfangspausen zwischen Wiederholungen des Sendenumlaufs haben zufällig aber begrenzt große Zeitabstände, um zu vermeiden, daß mehrere gleichzeitig im Zustand "Bewerbung" befindliche Stationen wiederholt gleichzeitig senden und sich deshalb nicht gegenseitig empfangen können.

Hat die vorhandene Station S₁ während ihrer bisher abgelaufenen Anmeldeversuche zu anderen Stationen keinen Kontakt bekommen, so nimmt sie an, daß sie entweder bisher die einzige Station des Netzes ist, oder daß sie von ihrem jetzigen Standort aus keinen Kontakt zu evtl. schon vorhandenen weiteren Stationen bekommen kann. Den letztgenannten Zustand kann nur ein Bediener durch Ortswechsel beheben.

Durch das Anmelde-Protokoll wird sichergestellt, daß — Stationen ohne Erfolg bei der Kontaktaufnahme

zum Netz bevorzugt den Zustand "Bewerbung, empfangsbereit" einnehmen, um hinzukommende sich bewerbende Stationen möglichst unverzüglich zu bemerken

— jede Station geeignete Maßnahmen ergreift, um nicht unnötig lange isoliert zu bleiben.

Nach Empfang des Telegramms "Forderung Zutritt" begibt sich Station S1 in den Zustand "Station-Aufnahme". In diesem Zustand, der als Teilzustände die Zustände sendend/empfangsbereit besitzt, werden nur Telegramme des Netzmanagements übertragen, z. B. die maximale Dauer von Phasen der Funkstille vor einem Funktionstest und die nachfolgend beschriebenen Telegramme.

Als erste Reaktion auf das Telegramm "Forderung Zutritt" sendet die vorhandene Station S1, nach Verlauf einer selbst bestimmten Pausendauer, das Telegramm

***"Bestätigung Anmeldung",

das ihre Adresse und weitere Merkmale von S1 enthält. Die Station S2 bestätigt den Empfang aller im Rahmen des jetzt ablaufenden Anmelde-Protokolls erhaltenen Telegramme, nach jeweiligem Wechsel in den Zustand "Bewerbung, sendend", mit dem Telegramm

***"Parameter erhalten"

und geht danach jeweils wieder in den Zustand "Bewerbung, empfangsbereit" über. Nach vollständigem Ablauf des Anmelde-Protokolls beendet Station S1 mit dem Telegramm "Ende Aufnahme" ihren Zustand "Stationsaufnahme" und geht in den Zustand "normal, empfangsbereit" über. Station S2 verläßt den Zustand "Bewerbung" und geht ebenfalls in diesen Zustand über. Damit ist sie Netzteilnehmer geworden, d. h. die Stationen S1 und S2 haben sich gegenseitig in ihr Teilnehmer-Verzeichnis aufgenommen und das Netz ist arbeitsfähig.

Fehlersituationen während des Anmeldevorgangs werden durch geeignete Maßnahmen behandelt, z. B. reagiert die neu angekommene Station S2 auf Ausbleiben von Quittungen für das wiederholt ausgesendete Telegramm "Forderung Zutritt" mit Fehlermeldung an den eigenen Bediener über eine stationseigene Anzeige bzw. einen Signalgeber.

Die Zahl zulässiger Wiederholungen jedes nicht quittierten Telegramms ist begrenzt; wie üblich werden nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne, während der keine Quittung eingegangen ist, Wiederholungen veranlaßt (time-out).

b) Aufnahme einer Station in ein Netz mit zwei vorhandenen Stationen

Es wird von einem Netz ausgegangen entsprechen Fig. 2, mit den vorhandenen Stationen S1 und S2 sowie der hinzukommenden Station S4. Die Station S1 begibt sich für eine begrenzte Zeitspanne in den Zustand "Bewerbung, empfangsbereit" und

— bleibt bzgl. dieses Sektors, so lange sie Funkverkehr feststellt aber für begrenzt lange Höchstdauer in diesem Zustand, bevor sie den Sektor wechselt;

— geht in den Zustand "Bewerbung, sendend" über, wenn sie während der Zeitspanne keinen Funkverkehr beobachtet und sendet das Telegramm

***"Forderung Zutritt"

Erfolgt keine Antwort, dann wird wie bei a) verfahren, andernfalls sind zwei Möglichkeiten zu berücksichtigen, b1) und b2):

b1) Annahme: Die neue Station S4 ist von beiden vorhandenen Stationen S1 direkt zu empfangen, vgl. Fig. 2

Man kann sich leicht davon überzeugen, daß bei einer Anzahl i direkt von S4 erreichbarer Stationen ($i > 2$) alle bei $i = 2$ nötigen Funktionen ebenfalls ausreichen. Es wird nachfolgend angenommen, daß beide vorhandenen Stationen bereits Netzteilnehmer im Zustand "normal, ..." sind. Andernfalls wartet S4 auf den Ablauf dieses Protokolls, bevor sie einen Umlauf mit der Abstrahlung des Anmeldetelegramms startet.

Die Kommunikation zwischen zwei Stationen erfolgt entweder durch abwechselnde Benutzung desselben Kanals, oder durch Benutzung eines Kanalpaars (voll duplex System).

Zwei Fälle sind zu unterscheiden:

I) Die Stationen S1 und S2 liegen aus der Sicht der sich anmeldenden Station innerhalb einer Sendantennen-Keule.

Die Stationen S1 und S2 sind entweder im Zustand "normal, empfangsbereit" gewesen — dann begeben sich beide nach Empfang des Anmeldetelegramms in den Zustand "normal, sendend", was zu keiner Antwort (wegen Kollision im Funkkanal, falls der gleiche Kanal und eine Richtung zu der anderen vorhandenen Station benutzt wurde), oder nur zur Antwort einer der Stationen führt (z. B. bei Capture durch die andere). Evtl. waren auch beide Stationen gerade im Zustand "normal, sendend".

II) Die Stationen S1 und S2 liegen aus der Sicht der sich anmeldenden Station in verschiedenen Sektoren. Eine im Zustand "normal, empfangsbereit" sich befindende Station geht in den Zustand "Stationsaufnahme" und antwortet, wenn sie das Anmeldetelegramm empfangen hat, auf denselben Kanal bzw. dem zugehörigen Rückkanal.

Erfolgt während eines vollen Umlaufs der Antennekeule keine Antwort, dann wird auf Empfang umgeschaltet und versucht, eine sendende Station zu ermitteln. Nach einer begrenzt großen Empfangspause folgt, falls keine Sendung empfangen wurde, ein zweiter Umlauf, bei dem das Anmeldetelegramm wieder Sektor für Sektor abgestrahlt wird usw. wie oben bei a) beschrieben.

War eine Station (z. B. S1) im Zustand "empfangsbereit" und hat das Telegramm "Forderung Zutritt" empfangen, dann läuft der weitere Vorgang zwischen S1 und S4 ab, wie bei a) beschrieben. Die nicht antwortende Station S2 wird in den Anmeldevorgang eingezogen wie unten beschrieben.

Waren beide Stationen S1 und S2 empfangsbereit, dann antworten sie nach je einer zufälligen Dauer.

Kollidieren sie bei ihrer Antwort (senden gleichzeitig), so werden sie während dieses Anmeldeumlaufs von S4 nicht bemerkt.

Erreicht die Antwort einer der Stationen (z. B. S1) die neue Station S4, so läuft anschließend die in a) beschriebene Prozedur ab. Jede Station des Netzes gibt während der Abwicklung des Anmelde-Protokolls mit der neuen Station u. a. folgende Informationen an sie weiter:

- * Teilnehmer-Verzeichnis des vorhandenen Netzes nach eigenem Kenntnisstand,
- * Routen zu den anderen Stationen des Netzes ausgehend von der stationseigenen Routing-Tabelle, einschließlich der zur Erreichung jeder Station eventuell zu durchlaufenden Relais.

S4 erhält aus dem von S1 an sie gelieferten Teilnehmer-Verzeichnis Kenntnis über die Anwesenheit von S2 und ergänzt sein Teilnehmer-Verzeichnis entsprechend. Station S4 versucht nach Ablauf des Anmelde-Protokolls mit S1 die Kontaktaufnahme mit S2 durch ein an S2 adressiertes Telegramm "Forderung Zutritt". Meldet sich S2 — was nach der hier getroffenen Annahme (Fig. 2) zu erwarten ist — dann läuft zwischen S4 und S2 das soeben bzgl. S4 und S1 beschriebene Anmeldeprotokoll ab.

Meldet sich S2 nicht auf Rufe von S4, so nimmt S4 an, daß S2 nicht direkt, sondern nur über S1 erreichbar ist und verfährt deshalb so, wie unten unter b2) beschrieben. Dabei veranlaßt S4 die Station S1, für sie als Makler aufzutreten und stellvertretend die Anmeldung durchzuführen.

Nach einer auf Veranlassung von S4 über S1 zu S2 erfolgreich abgelaufenen Anmeldung von S4 bei S2 gilt S2 für die Zugehörigkeitsdauer von S4 zum Netz als nur über S1 erreichbar. Ebenso nimmt S2 als Route zu S4 den Weg über S1 als einzige Möglichkeit an. Beide Stationen haben während des Anmelde-Protokolls entsprechende Einträge in ihre Routing-Tabelle gemacht.

Das Ende der Kommunikation zwischen S1 und S4 bzw. S4 und S2 wird durch das Telegramm ***"Ende Aufnahme" erreicht.

b2) Annahme: Die neue Station S3 ist nicht von beiden vorhandenen Stationen S1 und S2 direkt zu empfangen, vgl. Fig. 2

In diesem Fall kann nur S2 antworten und S3 muß sein Anmeldetelegramm "Forderung Zutritt" wiederholen, bis S2 antwortet, oder eine Fehlersituation angenommen werden muß.

S3 sieht aus der von S2 gelieferten Routing-Tabelle, daß auch S1 dem Netz angehört. Wie unter b1) beschrieben, versucht S3 durch Senden des an S1 adressierten Telegramms "Forderung Zutritt" mit S1 in Kontakt zu kommen. Dies gelingt, lt. Voraussetzung, hier nicht. S3 sendet nach Mißerfolgen beim Versuch der Kontaktaufnahme mit S1 an S2 das Telegramm

***"Makeln S3, S1".

Dieses Telegramm veranlaßt S2, stellvertretend für S3 aufzutreten und in dessen Namen das mit "Forderung Zutritt" eingeleitete Anmeldeprotokoll mit S1 abzuwickeln. S2 begibt sich dafür in den Zustand "makeln, sendend/empfangsbereit". Dieser Zustand und die zugehörigen Telegramme ähneln dem Zustand "Bewerbung" weitgehend, mit dem Unterschied, daß die betreffende Station bereits normaler Netzteilnehmer ist und die Bewerbung nur im Auftrag einer anderen Station durchführt.

Die makelnde Station S2 sendet ein entsprechend parametrisiertes Telegramm "Forderung Zutritt" direkt an S1 und wickelt mit S1 das Anmelde-Protokoll stellvertretend für S3 ab. Station S1 vermerkt in seiner Routing-Tabelle, daß Verbindungen mit S3 über S2 geleitet werden müssen. Diese Phase des Anmeldeprotokolls wird damit abgeschlossen, daß nach Empfang des Telegramms "Bestätigung Anmeldung" von S1 an S2 die Station S2 ein Telegramm "Bestätigung Anmeldung" mit auf S1 weisenden Parametern an S3 absendet. S3 trägt in seiner Routing-Tabelle ein, daß S1 über S2 erreichbar ist.

Meldet sich S1 auf den Maklerversuch von S2 hin nicht, so wird dies den Bedienern von S2 und S3 als Fehlersituation angezeigt.

Offenbar ist dieses Verfahren auch verwendbar, wenn außer S1 noch weitere Stationen S4, welche von S3 nicht direkt erreichbar sind, vorhanden sind. Auch für sie muß S2 als Makler fungieren.

c) Aufnahme einer Station in ein Netz mit bereits mehr als zwei vorhandenen Stationen

Es wird jetzt angenommen, daß eine 6. Station S6 in ein Netz mit bereit 5 vorhandenen Stationen S1 bis S5 aufgenommen werden soll, vgl. Fig. 2. Der Ablauf folgt prinzipiell dem unter b) beschriebenen. Neu ist hier, daß

- es gegenüber b2) mehr als eine Zwischenstation geben kann, z. B. für die Verbindung zwischen S6 und S1,
- es alternative Wege zwischen zwei Stationen gibt, die gleich lang sind (zwischen S6 und S2 über S3 oder S4) oder ungleich lang (zwischen S6 und S1 über S3 oder S4) — die Wahl des Aufstellungsortes von S6 auch Gesichtspunkte der Konnektivität des Netz-Graphen berücksichtigen sollte.

Die neue Station S6 hat die Routing-Tabellen der bisher erreichten Stationen auszuwerten, so daß stationsindividuell eine eigene optimale Routing-Tabelle aufgebaut werden kann. Die Anmeldeprozedur wird so lange fortgesetzt, bis alle in dem von der zuerst kontaktierten Station übergebenen Teilnehmerverzeichnis enthaltenen Stationen die Anmeldung bestätigt haben.

Für die Abwicklung des Anmelde-Protokolls von S6 mit den Stationen des Netzes sind folgende Schritte nötig:

- c1) S6, Zustand "Bewerbung, empfangsbereit",
- c2) S6, Zustand "Bewerbung, sendend", falls bei c1) kein Funkverkehr beobachtet wurde. Absenden des Broadcast-Telegramms "Forderung Zutritt"
- c3) S3, Übergang in den Zustand "Stationsaufnahme", Bestätigung der Anmeldung von S3 an S6. Ablauf des

Anmelde-Protokolls zwischen S6 und S5 gemäß c2)

c4) S6, "Forderung Zutritt" nacheinander an S4, S3, S2, S1 und keine Antwort trotz mehrfacher Wiederholung, nach Voraussetzung, vgl. Fig. 2

c5) Auswertung der von S5 an S6 übergebenden Routing-Tabelle durch S6. Ermittlung der unmittelbaren "Nachbarn" (direkt erreichbare Stationen) von S5

c6) S6, Telegramm "Makeln S6, S3" an S5 (Anmelde-Protokoll bzgl. S3 für S6, durch S5 abgewickelt). Abschluß mit Einrichtung einer virtuellen Verbindung zwischen S3 und S6 über S5

c7) S6, Telegramm "Makeln S6, S4" an S5, vgl. c6)

c8) Auswertung der in c6) und c7) übergebenen Routing-Tabellen der Stationen S3 und S4 durch S6. Ermittlung der Nachbarn von S3 und S4, sowie Aufsuchen von gemeinsamen Nachbarn. Erstellung der Liste nach anzusprechender Stationen des Netzes (hier S2, S1) und Festlegung, über welche Zwischenstationen als Makler noch nicht erreichte Stationen angesprochen werden sollen.

c9) Zufällige Auswahl einer von mehreren Stationen, welche denselben noch nicht erreichten Nachbarn haben, z. B. S3 (statt S4), um über diese Station S2 zu erreichen. Telegramm "Makeln S6, S2" an S5.

c10) Weitergabe des Telegramms "Makeln S6, S2" von S5 an S3. Abwicklung des Anmelde-Protokolls zwischen S2 und S3 und Einrichtung einer virtuellen Verbindung zwischen S2 und S6, zunächst zwischen S2 und S3. Telegramm "Ende Aufnahme" von S2 an S3.

c11) Einrichtung einer virtuellen Verbindung zwischen S2 und S6, zunächst zwischen S2 und S3. Telegramm "Ende Aufnahme" von S3 an S5.

c12) Einrichtung einer virtuellen Verbindung zwischen S2 und S6. Telegramm "Ende Aufnahme" von S5 an S6. Dabei Übergabe der Routing-Tabelle von S2 an S6.

c13) Sichtung der neu bei c12) hinzugekommenen Routing-Tabelle von S2 auf noch unbekannte Stationen des Netzes und Ermittlung von noch nicht erreichten Nachbarn der bereits kontaktierten Stationen.

c14) Ermittlung der kürzesten Zahl von Streckenabschnitten (hops) zu den noch nicht erreichten Stationen. Erstellung von virtuellen Verbindungen zu diesen Stationen, wie oben beschrieben.

Abmeldung einer Station vom Netz

Der Abgang einer Station muß allen verbleibenden Stationen mitgeteilt werden, damit sie ihre Teilnehmer-Verzeichnisse korrigieren können. Die abgehende Station muß ihr eigenes Teilnehmer-Verzeichnis abarbeiten, indem sie mit einem Teilnehmer nach dem anderen Kontakt aufnimmt und sich abmeldet. Das entsprechende Telegramm heißt

*** "Abmeldung".

Eine Station S1, bei der sich eine Station S2 abmeldet, löscht alle S2 betreffende Information. Vorher verlangt sie von S2 die Liste aller bereits von der Abmeldung informierten Stationen als Bestätigung dafür, daß S2 sich von allen Stationen S1 bereits abgemeldet hat, die S2 bisher nur über S1 erreicht hat.

Ist die abgehende Station selbst Relais auf Routen zwischen anderen Stationen, dann kann der Abgang zur Zertrennung des Netzes in Teilnetze führen, z. B. der Abgang von S3 in Fig. 2 (alle Routen über S3, z. B. S6-S2, S6-S4, usw. müssen ersetzt werden). Zur Vermeidung unbemerkter Separation von Teilnehmern vom Netz durch Abgang einer Station enthält das Abmelde-Protokoll einen Prüfvorgang:

Meldet sich Station Sn von Station Sj ab und hat Sj über Sn eine Route zu einer Station Sk laufen, welche von Sn als einer von Netztrennung gefährdeten Teilnehmergruppe erkannt wurde, so ist dies an Sj mitzuteilen unter Angabe des Verzeichnisses aller von der Abtrennung gefährdeten Teilnehmer. Vor Bestätigung der Abmeldung durch Sj an Sn veranlaßt Sj über eine ihrer Nachbarstationen, falls es solche gibt, die Einrichtung einer neuen Route zu Sk. Dies ist immer möglich, wenn Sj eine weitere direkte Nachbarstation hat und diese Station ohne Nutzung von Sn eine Verbindung zu Sk besitzt. Ist keine alternative Verbindung zwischen Sj und Sk ohne Nutzung von Sn als Zwischenstation möglich, so muß Sn dies seinem Operateur mitteilen.

Stationen, welche aus irgendwelchen Gründen, z. B. Veränderungen in den Ausbreitungsbedingungen durch hinzugekommene Hindernisse, nicht mehr über bisher gültige Routen erreichbar sind, werden bei Erkennen dieses Sachverhaltes auf Veranlassung der dies zuerst bemerkenden Mobilstation Sk aus den Routen aller beteiligten Stationen gelöscht. Dies geschieht, indem die Station Sk ähnlich dem Makeln, die betroffenen Stationen über einen Organisationskanal adressiert und die Route für ungültig erklärt.

Bündelnde Empfangsantennen

Organisationsmaßnahmen zur Richtungseinstellung

Da Stationen während Übertragungspausen nicht die Richtung der nächsten einfallenden Sendung kennen, führen sie eine zyklische Sektorabtastung durch. Dabei wird die E-Antennenkeule sequentiell oder nach anderen Gesetzen durch alle Sektoren geführt und verweilt dort jeweils so lange, um eine dort gerade laufende Übertragung erkennen zu können. Übertragungen werden durch Signalisier-Verkehr auf dem Kanal des Organisations-systems (vgl. unten) erkannt.

Eine neu angekommene Station ist in derselben Situation wie eine rufende (Verbindung aufbauende) Station und geht deshalb ebenfalls nach einem der folgenden Verfahren vor.

Zwei Varianten sind vorgesehen:

a) Abstrahlung einer ausreichend langen Präambel zum Einfangen aller umlaufenden E-Antennenkeulen
Verbindungs-Aufbau- bzw. Anmelde-Telegramme haben eine so lange Präambel, daß alle sektorabtastenden Stationen die Sendung bemerken können. Die notwendige Länge der Präambel hängt vom Öffnungswinkel der Antennenkeule und der Verweildauer in jedem Sektor ab.

Jede Station analysiert je Sektor das Belegbit aller kommenden Kanäle, wobei die Verweildauer V_p verstreicht, bis ein Umlauf beendet ist. V_p ist die minimale Präambel-Länge. Bei z. B. $S = 12$ Sektoren und $R = 16,7$ ms Rahmendauer ergibt sich $V_p = R \cdot S = 200$ ms, wobei vorausgesetzt ist, daß — jede Station in einer gegenüber der Zeitschlitzdauer verschwindenden Zeit die Chip-Phase akquirieren kann. — pro Zeitschlitz ein Kanal geprüft wird, d. h. nur mit voller Bitrate übertragende Kanäle sind in dieser Zeitdauer analysierbar.

Mit seriellen Korrelatoren verstreicht für die Akquisition pro Kanal eine deutlich größere Zeitdauer, z. B. die Rahmendauer, wobei sich eine Verweildauer $V_s = 3,2$ s bei 16 kommenden Kanälen ergibt.

b) Keine Präambeln

Die Sendestation sendet kontinuierlich ihr Telegramm (die maximale Dauer V_p bzw. V_s) in die ausgewählte Richtung. Vorteilhaft ist dabei, daß andere Stationen nicht unnötig lange auf die sendende Station fixiert bleiben, weil jede Station sofort am Telegramm erkennt, ob sie adressiert wurde und andernfalls ihren Suchzyklus fortsetzen kann. Während bei der Lösung a) die Präambel die Dauer V_s bzw. V_p haben muß, um alle Stationen garantiert zu erreichen, wird in Lösung b) im Mittel nur die halbe Dauer benötigt, um die adressierte Station zu erreichen.

Schließlich sind Situationen berücksichtigbar, in denen aus bekannten Richtungen bzgl. einer Station sende- oder empfangsseitig keine Nachrichtenübertragung erfolgen kann, z. B. bei entsprechender Aufstellung einer Station und ihrer Antenne in/an einem Gebäude. Dem wird dadurch Rechnung getragen, daß Stationen durch Programmierung fähig gemacht werden, einzelne Sektoren nicht zu berücksichtigen. Die jeweils berücksichtigten Sektoren können auf einer Anzeige angegeben werden.

Omnidirektionale E-Antennen

Kontaktaufnahme zwischen Stationen über bündelnde E-Antennen ist zeitaufwendiger als mit Rundstrahlenden. Bei Rundstrahlenden Antennen ist nur eine Präambeldauer von $1/S$ nötig. Rundstrahlende E-Antennen begünstigen die Mobilität von Stationen und werden deshalb bevorzugt eingesetzt.

Die organisatorischen Lösungen für An-/Abmeldung, Kanalverwaltung, Signalisierung usw. werden so gewählt, daß ohne wesentliche Änderungen der Protokolle auch mit bündelnden E-Antennen gearbeitet werden kann. Dies ist dadurch möglich, daß eine omnidirektionale E-Antenne eine Antenne mit nur genau einem Empfangssektor ist und damit als Sonderfall der bündelnden E-Antennen angesehen werden kann. Die Zahl der Empfangssektoren ist ein Stationsparameter, der durch Programmierung eingegeben werden kann.

In einer Ausprägung der Erfindung wird für die Abwicklung der Verwaltung und Organisation im Netz ein separater FDM-Kanal vorgesehen, über den alle Stationen mit gerichteten Antennen senden und wahlweise mit bündelnden oder omnidirektionalen Antennen empfangen. Vorteilhaft ist dabei, daß sich dann Verbindungsaufbau und Neuaufnahme besonders effizient organisieren lassen, weil in diesem Kanal kein Zeitmultiplex-Verfahren zu berücksichtigen ist.

Signalisierung

Signalisierung, d. h. Übertragung von Verbindungsauf- bzw. abbau-Information, wird vorzugsweise nach dem Paketvermittlungs-Verfahren abgewickelt. Sie kann als Inkanal- oder Außenkanal-Signalisierung realisiert sein. Inkanal-Signalisierung wird angewendet, wenn Stationen über den Belegzustand aller in ihrem S/E-Bereich verfügbaren Kanäle informiert sind. Sonst wird Außenkanal-Signalisierung, z. B. nach CCITT-Empfehlung SS.7 oder EUROCOM D/1 (IIA3), für das gesamte Kanalbündel über ein getrenntes Kanalnetz abgewickelt.

Eine in das Netz aufgenommene Station muß ihren Verbindungswunsch in die richtige Richtung abstrahlen.

Dezentral organisiertes Netz-Management

Funktionen des Netz-Managements sind

- An- und Abmeldung von Stationen beim Netz — Verwaltung der Netzkonfiguration und des Teilnehmerverzeichnis, d. h. Zuordnung von Stationsnamen zu Adressen des Netzes,
- Verwaltung des Verzeichnisses der Stationsmerkmale,
- Überwachung der Stationen bzgl. Funktion, Zustand und Beachtung von Vorschriften und Rechten,
- Rekonfiguration des Netzes und Vorbereitung/Steuerung von Ortswechseln von Stationen zur Erhaltung/Verbesserung der Konnektivität,
- Synchronisation
- Aktualisierung von Organisations-Listen
- Test-Verkehr, Auslastungsmessungen von Stationen und Kanälen, Statistik
- Vereinbarung über angewandte Protokolle
- Schlüsselmittel-Verwaltung usw.

Es ist bisher üblich, solche Funktionen einer als temporärem Master deklarierten Station zuzuweisen und vorzusehen, daß andere Stationen diese Funktionen übernehmen können (Master transfer). Im erfindungsgemäßen Netz werden diese Funktionen dezentral ausgeführt.

Organisationsnetz und Kommunikationsnetz

Das Funknetz ist logisch aufteilbar in ein Kommunikationssystem KOMSYS und ein Organisationssystem ORGSYS. Kanäle können nach Bedarf wahlfrei dem KOMSYS bzw. ORGSYS zugeordnet werden. Dem KOMSYS zugewiesene Kanäle werden nur für Nachrichtenübertragung (Fern-sprechen/-schreiben/-kopieren

und Datenübertragung) eingesetzt. Alle für die Verwaltung des KOMSYS notwendigen Verkehre wie Signalisierung, An-/Abmelden, Netzmanagement, Synchronisation usw. werden über Kanäle des ORGSYS abgewickelt. Kanäle des ORGSYS unterscheiden sich in ihren Merkmalen nicht notwendig von denen des KOMSYS.

Die erste Kontaktaufnahme einer neuen Station mit dem Funknetz ist für nicht synchronisierte Stationen besonders schwierig herzustellen. Deshalb wird dafür vorzugsweise ein getrennter FDM-Kanal mit einer Datenrate von ca. 16 kbit/s vorgesehen, vgl. Fig. 4. Es besteht sonst die Gefahr der Störung des normalen Netzverkehrs durch neu ankommende Stationen.

Kanalverwaltung

Vor Beginn der Singalisierung muß die rufende Station einen freien Kanal kennen. Diese Information wird über eine der nachfolgend beschriebenen Organisationen verfügbar gemacht.

Als Teil des ORGSYS wird ein Kanalnetz zwischen allen Stationen fest geschaltet, über das KV-Informationen bzgl. des KOMSYS allen Stationen übermittelt wird. Um Kanäle zu sparen, ist jede Station über dieses zusammenhängende KV-Netz möglichst nur mit zwei anderen in verschiedenen Richtungen liegenden Stationen verbunden. Nicht in allen Fällen kommt man mit nur zwei Kanälen pro Station aus. Die im KV-Netz zu übertragende Informationsmenge ist gering, so daß Schmalbandkanäle ausreichen. Schmalbandkanäle werden durch Unterteilung von im System üblichen Zeitmultiplex-Kanälen in schmalbandigere synchrone Zeitmultiplex-Kanäle gebildet.

Die Vergabe von Schmalband(Sch)-Kanälen zum Anschluß neuer Stationen an das KV-Netz wird dezentral gelöst. Dazu wird, spontan nach Vergabe eines Sch-Kanals, seine Nummer über das KV-Netz allen Stationen mitgeteilt. Stationen verwalten dezentral eine Liste aller Sch-Kanäle. Jede durch eine neue Station kontaktierte Station kann deshalb selbständig Sch-Kanäle vergeben.

Jeder Sch-Kanal wird in einer Ausführung der Erfindung nur für die Verbindung genau zweier Stationen verwendet. Dann ist eine entsprechend kleine Datenrate nötig und der zeitliche Abstand zwischen auf dem Kanal übertragenen Daten wird groß.

In einer anderen Ausführung wird derselbe Sch-Kanal für mehrere bzw. viele Verbindungen des KV-Netzes im asynchronen Zeitmultiplex nach einem Zufalls-Zugriffsverfahren, vgl. Proc. IEEE, Vol. 66, No. 11, Nov. 1978, Seiten 1468—1496, benutzt. Wegen der dann nötigen höheren Datenrate sind die Abstände von einem Sch-Kanal zugeordneten Zeitschlitzten hier kleiner, so daß ein günstigeres Zeitverhalten entsteht.

Anstelle eines fest geschalteten KV-Netzes, das exklusiv reservierte Kanäle benutzt, wird in einer weiteren Ausführung der für die Neuanmeldung vorhandene FDM-Kanal des ORGSYS für die Kanalverwaltung nach einem Zufalls-Zugriffsprotokoll mit benutzt.

Folgende Verfahren für die Bekanntgabe belegter/freier Kanäle des KOMSYS über das KV-Netz werden vorgesehen:

A) Jede Station gibt immer dann, wenn sie einen Kanal des KOMSYS belegt hat oder frei gibt, seine Nummer (oder auch die Nummern aller gerade selbst belegten Kanäle) über das KV-Netz allen direkt erreichbaren Nachbarstationen bekannt. Diese fungieren als Relais und geben die Information allen übrigen Stationen des Netzes weiter. Das Verfahren garantiert, daß jeder vom KV-Netz verwaltete Kanal des KOMSYS nur einmal benutzt wird.

B) Im Unterschied zu A) werden nur die Nachbarstationen einer Station, nicht aber die übrigen Stationen des Netzes über die Belegung von Kanälen des KOMSYS informiert. Dann können alle übrigen Stationen solche lokal belegten Kanäle wieder verwenden.

Synchronisation von an einer Verbindung beteiligten Stationen

a) Rahmen- und Zeitschlitztakt

Rahmen und Zeitschlitz besitzen je eine Synchronisations-Präambel. Der Rahmentakt wird von einer, an einer aufzubauenden Verbindung beteiligten Station über das ORGSYS an die anderen übermittelt. Verfügt keine der beteiligten Stationen über den Rahmentakt, dann sucht die rufende Station über das ORGSYS eine Station, welche über den Rahmentakt verfügt.

Keine Station darf in einem FDM-Band B1 des KOMSYS den Rahmentakt neu definieren, solange in B1 bereits eine Verbindung besteht. Denn alle bestehenden Verbindungen würden dadurch gestört. Eine solche Neudefinition ist dann nötig, wenn keine Verbindung in B1 besteht und kann dann von jeder beliebigen Station selbständig erfolgen.

b) Chiptakt

Solange Stationen eine Nachbarstation empfangen, besitzen sie den Chiptakt. Anderfalls darf jede Station den Chiptakt selbst erzeugen.

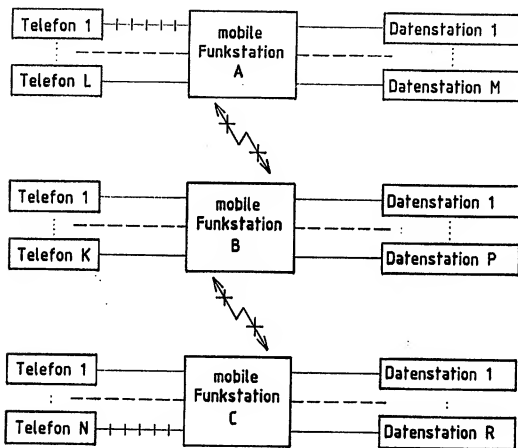


FIG. 1

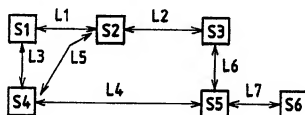


FIG. 2

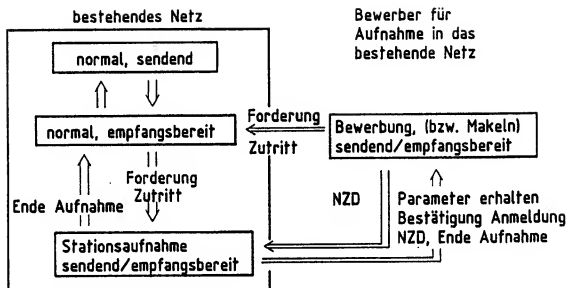


FIG. 3

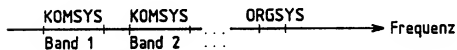


FIG. 4